

帯鋼補強土壁における引抜き履歴を有する補強材の引抜き変位特性

山口大学大学院 学生会員 ○浅田陵平
 山口大学大学院 正会員 鈴木素之
 広島市 学生会員 城田悠佑 (現 広島市)
 ヒロセ 正会員 大谷義則
 土木研究所 正会員 志村直紀

1. はじめに 鋼製帯状補強土壁工法は、わが国での施工実績も多く、耐震性能に優れた工法として知られているが¹⁾、近年の頻発する地震により、地震履歴を有する補強土壁の健全性評価が重要な課題となっており、繰り返し地震動を受けた場合、地震時外力や補強材の摩擦抵抗の消失に起因して壁面変位等変状が発生する可能性がある。本研究では、地震等によって変位が生じた補強土壁における補強材の残存引抜き抵抗力を明らかにするため、締固め度を変化させた供試土層に対して変位制御および変位・荷重制御引抜き試験を実施した。最大引抜き抵抗 τ_{max} 及び τ_{max} に対応する引抜き変位 ΔL_{max} を決定し、供試土層の締固め度 D_c と τ_{max} 、 D_c と ΔL_{max} の関係を考察した。また、変位制御試験で所定の引抜き力まで引抜き後、その引抜き力を一定に保持した状態で補強材の応力制御引抜きを行うことにより、引抜き変位と時間の関係を考察した。

2. 試験方法 表-1 に本研究で用いた試料土の物理特性を示す。試料土は宇部まさ土を用いた。試料土の細粒分含有率 F_c は 4.8% であり、鋼製補強土壁の盛土材としての適用基準の $F_c=25\%$ 以下であることから、本工法の盛土材として適用可能な材料であった。

次いで、土中引抜き試験の試験方法を説明する。まず、所定の含水比に調製した試料を10層に分けて土槽に充填した。その際、層毎にランマー(質量4kg, 落下高さ40cm)を用いて1層当たり15回の落下回数で突き固めによる締固めを行った。土槽底面から高さ150mmまで試料を充填した後、リブ付補強材(幅60mm, 厚さ4mm, 長さ350mm)を敷設した。土槽上部まで試料を充填し、試料上面を均した後、エアバッグにより上載圧 σ_v を載荷し、所定の引抜き速度あるいは引抜き力を設定し、写真-1に示す装置を用いて引抜き試験を開始した。なお、変位制御試験の場合、所定の引抜き変位に達した時点で試験を終了した。一方、変位・荷重制御試験は所定の引抜き変位に達した時点で、一定荷重載荷に切り換えた。どちらの引抜き試験においても、引抜き変位 ΔL (mm)、引抜き力 T (kN) を測定し、次式により引抜き抵抗 τ を求めた。

表-1 宇部まさ土の物理特性

Density of soil particles ρ_s (g/cm ³)	Percentage(%)		
	Gravel fraction	Sand fraction	Fine partic fraction
2.61	38.8	56.4	4.8

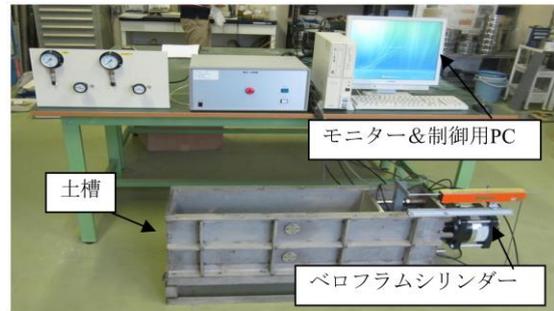
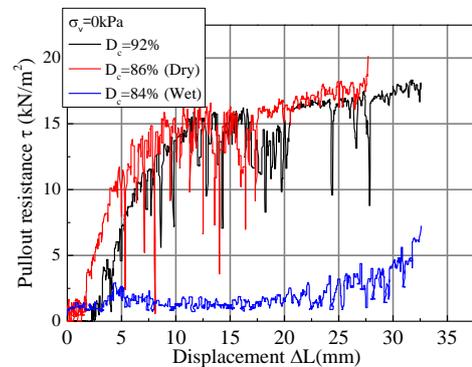


写真-1 変位および変位・荷重制御引抜き試験装置

表-2 試験ケース

Test No.	Degree of compaction (%)	Overburden pressure (kPa)
1-1	86(Dry)	0
1-2	92	0
1-3	84(Wet)	0
2-1	87(Dry)	40
2-2	91	40
2-3	84(Wet)	40
3-1	86(Dry)	60
3-2	92	60
3-3	86(Wet)	60
4-1	86(Dry)	80
4-2	92	80
4-3	83(Wet)	80



(a) $\sigma_v=0\text{kPa}$ の場合

図-1 引抜き抵抗と引抜き変位の関係

$$\tau = \frac{T}{2 \times \text{補強材敷設面積}A}$$

ただし、引抜き抵抗の算出では、引抜き変位に伴う補強材敷設面積の減少分を考慮した。

3.1 変位制御引抜き試験における引抜き抵抗と締固め度の関係

表-2 に変位制御の試験ケースを、また図-1 に引き抜き変位と引き抜き抵抗の関係を示す。図-1(a)の上載圧 $\sigma_v=0\text{kPa}$ においては締固め度 $D_c=92\%$ 、 $D_c=86\%$ (乾燥側)の引抜き挙動に相違は見られないが、 $D_c=84\%$ (湿潤側)では引抜き抵抗が減少することが確認された。

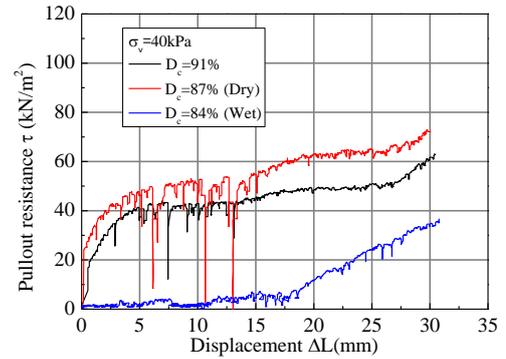
(b)の $\sigma_v=40\text{kPa}$ では $\sigma_v=0\text{kPa}$ と比べて $D_c=91\%$ と $D_c=87\%$ (乾燥側)の引抜き抵抗は拘束圧依存性によって増加していることが確認された。(c)の $\sigma_v=60\text{kPa}$ においては $D_c=92\%$ 、 $D_c=86\%$ (乾燥側)の引抜き抵抗は $\sigma_v=40\text{kPa}$ と比較して同等であり、また引抜き挙動も拘束圧の変化による影響は確認できなかった。ただし、 $D_c=86\%$ (湿潤側)では $\sigma_v=40\text{kPa}$ のような引抜き抵抗の急激な上昇はみられず、緩やかに増加していく傾向にあった。 $\sigma_v=80\text{kPa}$ においては $D_c=92\%$ のとき $\Delta L=14\text{mm}$ 、 $D_c=83\%$ (湿潤側)のとき $\Delta L=18\text{mm}$ を超えると引抜き抵抗が急激に上昇したが、 $D_c=86\%$ (乾燥側)では同様の傾向はみられなかった。ここで、各拘束圧において、湿潤側の締固め度における引抜き抵抗が乾燥側に比べて低下しているのは、ダイレイタンシーに起因する土と補強材の摩擦抵抗発現メカニズムにおける含水比の増加に伴う引抜き抵抗の低下が原因と考えられるが、水による摩擦抵抗への影響については、さらなる検討が必要である。図-2に最大引抜き抵抗 τ_{max} と D_c の関係を示す。 $D_c=92\%$ 、 $D_c=87\%$ (乾燥側)の τ_{max} に対して、 $D_c=85\%$ (湿潤側)前後では著しく低下した。

3.2 変位・荷重制御引抜き試験における引抜き変位と載荷時間の関係

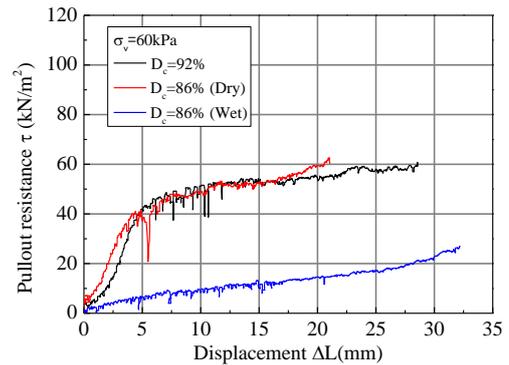
図-3に変位・荷重制御試験における引抜き変位と載荷時間の関係を示す。最大引抜き荷重 T_{max} 、最大引抜き荷重のおおよそ半分にあたる $T_{1/2}$ では、荷重制御試験に切り替わった後、載荷時間の経過とともに引抜き変位が多少増加した。残留状態の引抜き荷重 T_{res} では、荷重制御に切り替わると、引抜き変位が急激に増加した。その原因として残留状態では供試土層の状態が引抜きに対して十分な抵抗力が発揮されなかったためと考えられる。今回の引抜き試験では実際の締固めエネルギーより低いエネルギーで締固めたことも原因の一つと考えられる。

4. まとめ

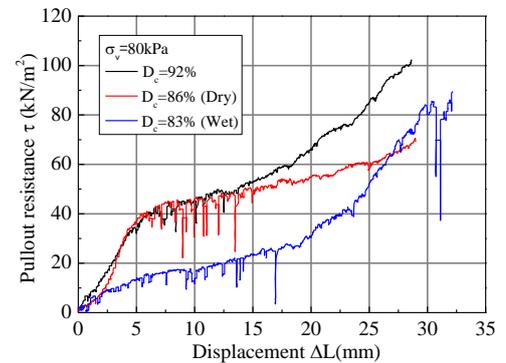
締固め度の異なる供試土槽からの引抜き試験の結果、締



(b) $\sigma_v=40\text{kPa}$ の場合



(c) $\sigma_v=60\text{kPa}$ の場合



(d) $\sigma_v=80\text{kPa}$ の場合

図-1 引抜き抵抗と引抜き変位の関係

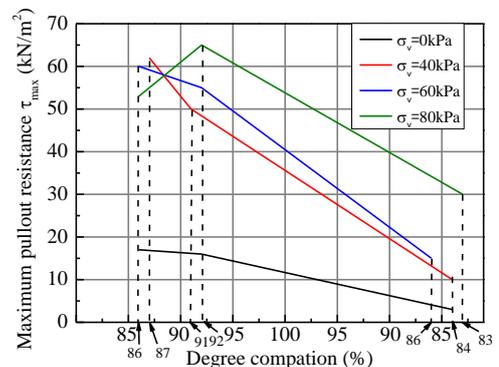


図-2 最大引抜き抵抗 τ_{max} と締固め度 D_c の関係

固め度の影響として、同じ締固め度の場合、湿潤側では乾燥側と比較して、引抜き抵抗が低下することが確認された。一方、引抜き履歴として、最大引抜き抵抗に到達する前であれば、補強材は十分な引抜き耐力を有しているが、残留状態の場合、最大引抜き抵抗発現前に比較して、引抜き変位の増加がみられ、残存耐力が相対的に低下する懸念がある。

[参考文献] 1) 小川憲保:テールアルメ工法における盛土材と壁面変位の関係, 土木学会論文集, No.493/III-27, pp.199-125, 1994.

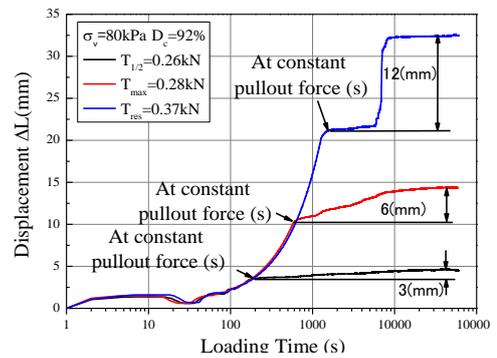


図-3 変位・荷重制御試験における引抜き変位と載荷時間の関係